

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problems Mailbox.**

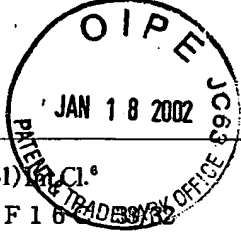
(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-218134

(43) 公開日 平成11年(1999) 8月10日



(51) Int. Cl.<sup>6</sup>

F 1 6 C 33/32  
C 2 3 C 14/06

識別記号

F I

F 1 6 C 33/32  
C 2 3 C 14/06

A

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平10-20995

(22) 出願日 平成10年(1998) 2月2日

(71) 出願人 000004204

日本精工株式会社  
東京都品川区大崎1丁目6番3号

(72) 発明者 隅田 雄一

神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号  
日本精工株式会社内

(72) 発明者 堀家 章史

神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号  
日本精工株式会社内

(72) 発明者 佐藤 忠一

神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号  
日本精工株式会社内

(74) 代理人 弁理士 森 哲也 (外2名)

(54) 【発明の名称】 表面被覆球体及びこれを組み込んだ軸受

(57) 【要約】

【課題】 耐フレッチング性に優れた安価な表面被覆球体及びこれを組み込んだ軸受を提供する。

【解決手段】 球体表面に、球体内部とは異種の材料からなる硬質被膜を0.2～2.5μmの厚さで成膜した。当該硬質被膜は、例えばTiN、TiC、TiCN、ダイヤモンド薄膜からなるものでPVD法やCVD法より成膜したものとすることができる。この、表面被覆球体を転動体とする玉軸受は、耐フレッチング性が要求されるHDDのスイングアーム用や、高い回転性能・音響性能が要求されるスピンドルモータ用に特に好適である。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 球体表面に、球体内部とは異種の材料からなる硬質被膜を0.2～2.5 $\mu$ mの厚さで成膜したことを特徴とする表面被覆球体。

【請求項2】 請求項1記載の表面被覆球体を転動体として組み込んでなる軸受。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えば各種スピンドル用転がり軸受やHDD装置のスイングアーム用の転がり軸受の転動体として好適な表面被覆球体に関し、特に、表面にTiNで代表される硬質被膜をPVD法等により形成して耐フレッチング性を高めたものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来、転動体（球体）を主要な構成要素とするボールねじ、リニアガイド、玉軸受等の軸受装置を用いる場合に、微小揺動や微小振動が加わると、接触する2面間が相対的な繰返し微小滑りを生じて摩擦する微動摩擦現象（フレッチング）が発生して装置の寿命の低下や音響性能の劣化をきたしていた。このフレッチングは、例えば輸送中の玉軸受のように、微小揺動下で潤滑油が少なく、内外輪と鋼球が同一材料の場合に発生しやすい。また、軸受内に侵入した塵埃でゴミ圧痕が発生して音響劣化をきたすこともある。

【0003】特に、軸受装置のうち、HDDやVTR等の情報機器に多用される玉軸受にあっては、優れた精度、機能が必要とされるとともに、近年、機器の小型化により可搬性が高まっており、それに伴う様々の問題が浮き彫りになってきている。いま、HDD装置の場合を例にとって述べると、HDD装置用の玉軸受等はスピンドルモータ用とスイングアーム用との二つに大別できるが、前者のスピンドルモータ用玉軸受は磁気ディスクを回転駆動するのに使用され、特に高い回転・音響性能が要求される。一方、後者のスイングアーム用の玉軸受は、磁気ディスクの有効エリアへのアクセス位置決めを行うスイングアームを揺動駆動するのに使用される。このように揺動下で使用されるスイングアーム用玉軸受には転動体と軌道輪との間に潤滑油が供給されにくく、フレッチング損傷を受けてトルク変動やトルクスパイクを生じ、そのためHDD装置の読み取り機能に障害を引き起こしやすいことから、特に高い耐フレッチング性が要求される。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】HDD用軸受等については、従来、回転・音響性能や耐フレッチング性などの問題に対処するために、鋼製の球体に替えてセラミックス製球体を用いる試みもあったが、セラミックス製球体は高価格であるために普及していない。

【0005】また、球体に表面被膜を形成することにより上記問題に対処する試みもあったが、被膜を施す際に

材料強度を低下させたり表面精度や寸法精度を低下させるために、高精度機械構成用部品として使用することはできなかった。

【0006】すなわち、各種スピンドル用転がり軸受にあっては、スピンドルの運送上および運転中において金属接触の微せん断摩擦（フレッチング摩擦又はフレッチングコロージョン）の改善が求められ、また同様にスイングアーム用にも共通の問題として、安価で高精度のフレッチング対策が望まれている。

【0007】そこで、本発明が解決しようとする課題は、耐フレッチング性に優れた安価な表面被覆球体及びこれを組み込んだ軸受を提供することにある。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決する本発明の請求項1に係る表面被覆球体は、球体表面に、球体内部とは異種の材料からなる硬質被膜を0.2～2.5 $\mu$ mの厚さで成膜したことを特徴とする。

【0009】前記硬質被膜の厚さが0.2 $\mu$ m未満であると、膜厚が不均一になってムラを生じ、その結果表面粗さ、真円度、寸法精度が不十分になり音響性能がバラツいて悪化する。一方、硬質被膜の厚さが2.5 $\mu$ mを超えると、成膜コストが割高になる。

【0010】ここに、前記異種の材料からなる硬質被膜は、TiN、TiC、TiCN、ダイヤモンド薄膜の少なくとも一つからなるものとすることができる。また、前記異種の材料からなる硬質被膜は、PVD法により成膜したものとすることができる。また、CVD法により成膜したものとすることもできる。

【0011】さらに、前記硬質被膜を成膜した後、熱処理を施して必要な材料特性を付与したものとすることができる。また、前記硬質被膜を成膜した後、表面仕上加工を施して表面精度及び寸法精度を向上させたものとすることができる。

【0012】本発明の請求項2に係る発明は、上記請求項1に係る表面被覆球体を転動体として組み込んだ軸受である。当該軸受としては、転がり軸受が代表的なものである。その他、リニアガイドリニアボールベアリングのような直動案内軸受やボールねじ等、転動体を構成部材とするものが含まれる。

## 【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。

**実施形態1**：本発明の第1の実施形態として、HDD用玉軸受（B5-39）の転動体に用いる直径2mmの表面被覆球体を取り上げる。

【0014】その成膜工程の概要を述べると、

①熱処理後に研磨仕上げして最終仕上げの直前の精度とした直径2mmの鋼球の表面に、PVD法によりTiNを所定の処理温度でコーティング処理する。

②その後、真空炉にて焼入れ、焼戻し処理を行って、前

記コーティング処理温度による硬度低下を回復させる。  
③次いで、コーティング膜厚さ0.2~2.5 $\mu$ mになるまでダイヤモンドラップ加工することにより、熱処理変形を取り除き、表面粗さ、ウェービネス、真円度、寸法精度を所定の精度に整える。

【0015】なお、上記①~③の工程は、被膜強度を強くするために、ワークの鋼球を200~600℃という比較的高温の範囲で適宜に選択した温度でPVD処理する高温成膜の場合である。工程省略してコストダウンを図るときは、ワークの鋼球を160℃という低温でPVD処理し、その後②の熱処理を省いて①から直接③の工程に進む。

【0016】この実施形態1では、160℃という低温PVD処理を行った。

#### (1) PVD処理工程の例

図1に示すようなHCD方式のPVD装置を用いる。この装置の上蓋1を開けて、チャンバ2内に、ワークである鋼球Wを多数個配列する。

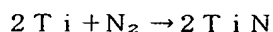
【0017】(イ) チャンバ内を排気し高真空にする(10<sup>-10</sup>~10<sup>-13</sup> Torr)。

(ロ) 成膜用金属母材3であるTiをるつぼ4内に装着する。

(ハ) その成膜用金属母材3を電子ビーム銃5により加熱溶解して蒸発させる。

【0018】(ニ) 反応ガスのN<sub>2</sub>をキャリアガスのArと共にチャンバ2内に導入し、チャンバ内を10<sup>-3</sup>~10<sup>-4</sup>Torrに調整する。

(ホ) プラズマ電子銃6と成膜用金属母材3との間にグロー放電を行い、Tiをイオン化しプラズマ状態にしてワークWの表面にTiNの膜を生成させる。このときの反応は、



(なお、TiCを生成するときは、N<sub>2</sub>に代えてC<sub>2</sub>H<sub>2</sub>を導入し、2Ti+C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>→2TiC+H<sub>2</sub>とすることが出来る。)

(ヘ) この時、ワークWと成膜用金属母材3との間には、数100~数1000Vの電位差を選択する。

【0019】成膜厚さは、予め成膜速度(概ね数~数10 $\mu$ m/hr)を正しく求めておき、時間で制御する。この実施形態1の例では、0.5~1 $\mu$ m/hrであった。また、ワークWは予め100℃以上に予熱しておくのが望ましい。この実施形態例では、PVD成膜時のワークWの温度は160℃を選択したが、200~600℃の処理温度で適宜に選択できる。先にも述べたように、工程省略によるコストダウンを図るときは低温成膜が、被膜強度を強くしたい時は高温成膜が望ましい。

#### (2) フレッチング評価試験

上記の低温PVD処理の工程を経て膜厚2.5 $\mu$ mのTiN被覆に成膜した直径2mmの表面被覆球体を、膜厚2.0 $\mu$ mになるまでダイヤモンドラップ加工し、寸法

精度を整えたものを転動体としてHDD装置のスピンドル用玉軸受(B5-39)を4個組み立てた。これを試験体として図2に示す試験装置によりフレッチング耐久試験を行った。

【0020】図2において、10はワッシャと予圧バネからなる軸方向付勢手段で、軸11に固定されている。軸11は回転止め12で固定されている。下部をサポート軸受14で支持したハウジング16はACサーボモータ17に連結されており、設定した角度、回数で揺動回転駆動される。20は4個の試験軸受で、転動体20Aとして上記の表面被覆球体が組み込まれている。各試験軸受20は、その外輪20-1をハウジング16の内径に嵌合するとともに内輪20-2を軸11に通し、軸11とは別体のスリーブ21A、21Bを交互に重ねて装着され、軸、内輪は回転せず、ハウジング、外輪が回転可能に支持される。軸方向付勢手段10の皿バネ22でスリーブ21A、21Bが軸方向に押圧されて、試験軸受20の内輪20-2、外輪20-1、転動体20Aに予圧(Fa)が加えられる。

【0021】試験条件は次のように設定した。

試験軸受 : B5-39

周波数 : 27Hz

揺動角度 : 2°

荷重Fa : 14.7N

揺動回数 : 1×10<sup>5</sup>回

グリース量 : 12mg (NS7)

以上の条件で試験を行った後、4個の試験軸受20を取り出して、その平均の軸受音響値を求め、その値を転動体20Aである表面被覆球体の被膜厚さとの関係で整理した。

#### (3) フレッチング評価結果

図3に、フレッチング試験にかける前の音響性能db(マイクロホン音圧計による)と被膜厚さとの関係を示す。

【0022】図4に、フレッチング試験後の音響性能dbと被膜厚さとの関係を示す。図3、図4とも、縦軸の音響性能は、試験前の被膜厚さ2.0 $\mu$ mの試験軸受(B5-39)の音圧(db)を1.0とした比で示した。

【0023】図3に示すように、ダイヤモンドラップ加工済の完成被膜厚さが0.2 $\mu$ m未満では、不均一成膜となってムラが生じ、表面粗さ、真円度、寸法精度が不十分のため音響性能がバラツキ且つその値が悪くなっている。また、被膜厚さとコストとの関係については、時間との関係で正の比例相関があるものの、膜厚2.5 $\mu$ mを越えるあたりから比例関係がくずれて成膜速度がやや低下してくることから、コストの立ち上がりが見られる。このことから、転動体として完成された表面被覆球体の被膜厚さは0.2~2.5 $\mu$ mの範囲が、音響性能上及びコストの点から望ましいといえる。

【0024】なお、このフレッチング評価試験におけるPVD処理において、処理温度400℃の高温成膜工程を選択した場合、その後の真空焼入れ、焼戻し後に球体表面に形成されたTiNの被膜に、熱き裂と思われるき裂が発生するものもあることが確認された。この点からも、成膜厚さは2.5μm以下にしておく必要がある。また、音響性能の面からみると、図3から明らかなように、膜厚が0.2μm以上で安定した性能が得られており、下限を0.2μmにすることが望ましいといえる。

【0025】図4には、フレッチング試験にかけた後の音響性能d<sub>b</sub>と被膜厚さとの関係を示した(×印)。この揺動試験後の音響特性においても、完成球体被膜厚さ0.2μm未満では顕著な音響劣化がみられる。また、膜厚2.5μmを越えると、被膜の一部が疲労剥離して損傷し、被膜の劣化による音響性能の低下がみられる。このことから、図3の場合と同様に、被膜厚さは0.2~2.5μmの範囲が耐フレッチングに優れていることがわかる。

実施形態2：本発明の第2の実施形態として、HDD用玉軸受(B5-39)の転動体に用いる直径2mmの鋼球表面に、400℃でPVD処理してTiN被膜を成膜した場合について説明する。

【0026】この例のPVD処理工程は、図1に示したHCD方式のPVD装置を用い、処理温度以外は実施形態1と同じ条件下で、膜厚2.5μmのTiN被覆の成膜を行った。400℃という高温でPVD処理された鋼球は、前工程の焼入れ、焼戻し時における焼戻し温度より高い温度で加熱されることになり硬度が低下する。そこで真空炉内で830℃、30分間の加熱を施し、その後、焼入れ、焼戻しを行い、母材硬さHRC60~63にして前記コーティング処理温度による硬度低下を回復させた。次いで、コーティング膜厚さ2.0μmになるまでダイヤモンドラップ加工して表面粗さ、真円度、寸法精度等を所定の精度に整えた。

【0027】この実施形態例では、試験球体の熱処理後の変形も大きく、したがって加工コストが上昇するが、処理温度160℃の場合(実施形態1)に比べて被膜材と試験球体表面との密着性が高くなるため、過酷な使用条件下では音響寿命の点で有利になる。図4は、被膜厚さ0.2~2.5μmの範囲において、160℃の低温PVD処理(×印)よりも400℃の高温PVD処理(○印)を行ったもののほうが、音響性能のバラツキが少

なく、音響劣化にも優れていることを示している。

【0028】なお、上記各実施形態では硬質被膜としてTiN被膜について説明したが、これに限らずTiC、TiAlN、ZrN、HfN、CrN、TiCN、ダイヤモンド、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>被膜等についても同様に本発明が適用できる。

【0029】また、硬質被膜をPVD法により形成する場合について述べたが、CVD法もこれらの成膜法として同様に有効である。また、表面被覆球体の母材材料については、2次硬化能を有する各種超硬合金、SKHのような高速度鋼、SKDのような耐摩変形用特殊鋼、SUS440Cのようなマルテンサイト系ステンレス鋼などでは、成膜時の高温処理でも硬度低下が生じないので、成膜時の焼入れ、焼戻し処理を省くことができる。

【0030】また、PVD処理前の球体の精度を高精度にしておくことにより、成膜後のダイヤモンドラップ加工工程を省略することができる。また、ダイヤモンドラップに代えて、BN、SiCなどの砥粒を使用することもできる。

【0031】以上のように、特に、耐フレッチング性能が要求されるスピンドル用転がり軸受やHDD装置のスイングアーム用軸受の転動体に、膜厚0.2~2.5μmの硬質被膜をPVD法やCVD法によって成膜することにより、当該軸受の音響特性を向上せしめ、しかも低コストの要求を満たす転がり軸受を提供することができる。

#### 【0032】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1に係る発明によれば、球体表面に硬質被膜を0.2~2.5μmの厚さで成膜して、耐フレッチング性に優れた表面被覆球体を低コストで提供することができる。

【0033】また、請求項2に係る発明によれば、請求項1の表面被覆球体を転動体として、長寿命で音響特性の良好な低コストの軸受装置を提供できる。

#### 【図面の簡単な説明】

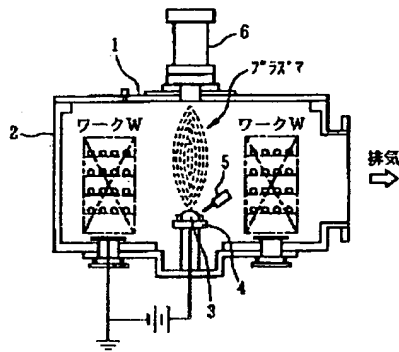
【図1】HCD方式のPVD装置の概要図である。

【図2】フレッチング評価試験装置の概要図である。

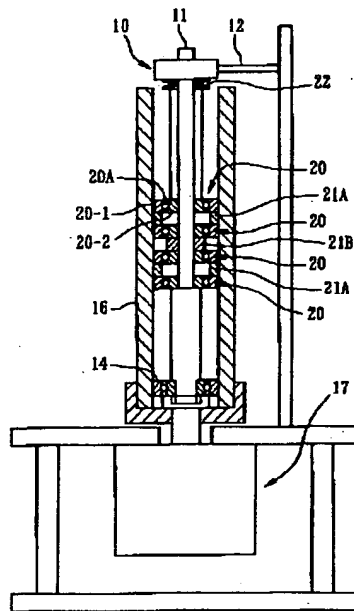
【図3】球体被覆膜厚とフレッチング試験前の音響性能及び製造コストとの関係を示した図である。

【図4】球体被覆膜厚とフレッチング試験後の音響性能との関係を、PVD処理温度別に示した図である。

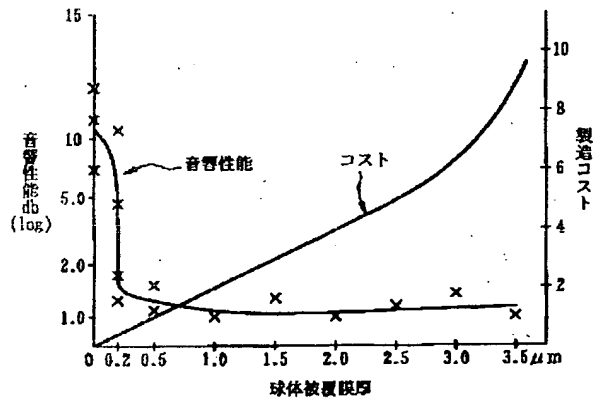
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

